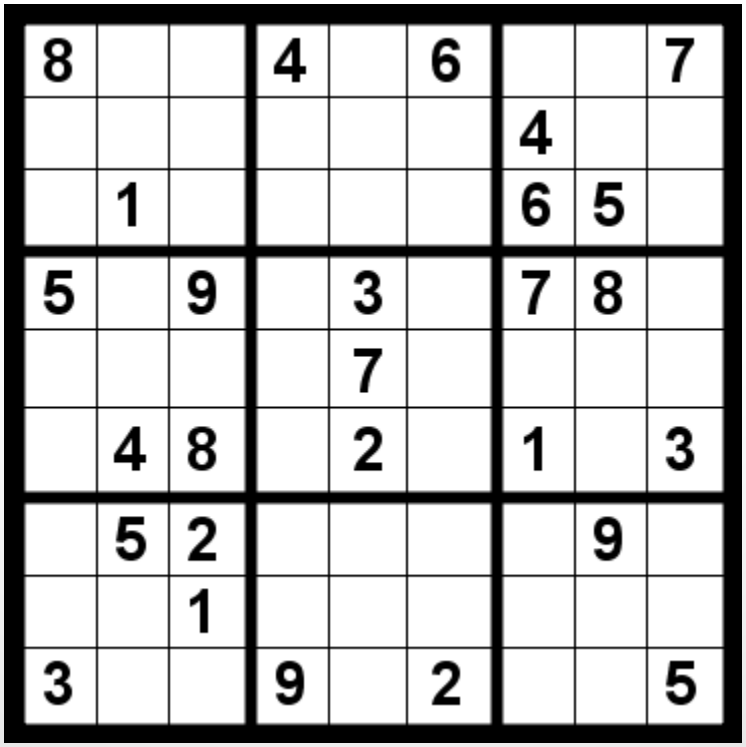
# Solucionando Sudoku com Simulated Annealing



# Sudoku

- Criado na década de 1970 com base nos quadrados latinos de Euler
- Popularizado no Japão na década de 1980
- Formas comuns:
  - Ordem 3:  9 x 9
  - Ordem 4: 16 x 16
  - Ordem 5: 25 x 25 (*Samurai Sudoku*)

- Existem variações quanto às regras

# Sudoku

Restrições/Regras:

Dada uma matriz $n^2$ x $n^2$, preenchê-la tal que:

1. Cada linha contém cada número em [1,n] exatamente uma vez;
2. Cada coluna contém cada número em [1,n] exatamente uma vez;
3. Cada submatriz n x n contém cada número em [1,n] exatamente uma vez.

## Abordagem
# Solução Inicial

- Preenche toda a matriz $n^2 \times n^2$

- Respeita terceira restrição do jogo
  - cada submatriz n x n contém cada número em [1,n] exatamente uma vez.

## Abordagem
# Avaliação da Solução Atual

- **S1** = **Soma** os valores **repetidos** em cada **linha**

- **S2** = **Soma** os valores **repetidos** em cada **coluna**

- **Custo atual = S1 + S2**
  - Solução válida deve ter custo zero

## Abordagem
# Vizinhança

- Escolhe uma das submatrizes n x n
- Escolhe duas células **não-fixas** desta submatriz
- Troca as duas células de lugar

## Testes
# Parâmetros do algoritmo

- Definidos após testes aleatórios com todas as instâncias
- Desvantagem da metaheurística, pois parâmetros são muito sensíveis, portante requer muitos testes na fase de *tuning*

## Testes
# Parâmetros do algoritmo

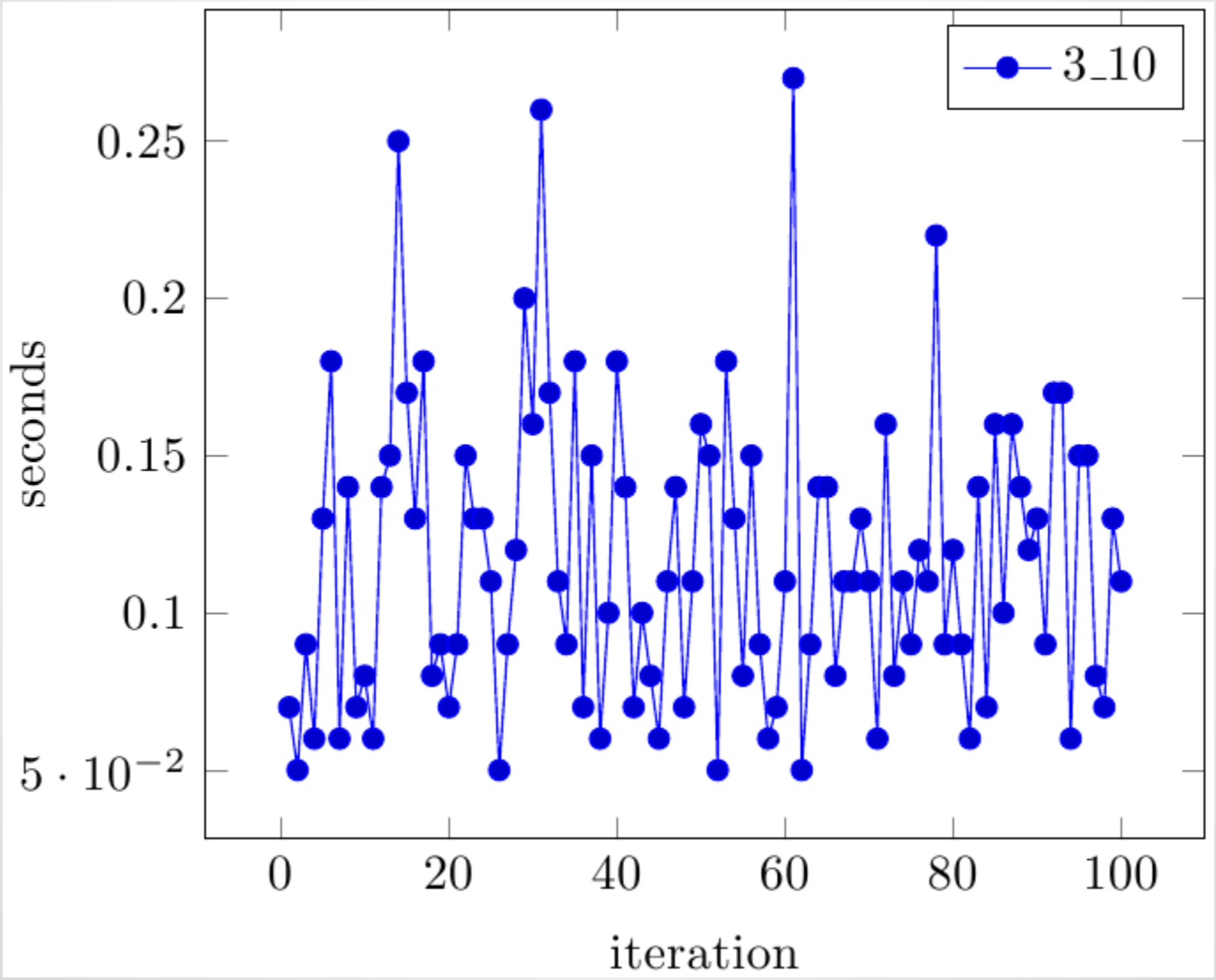
- Lei de decréscimo da temperatura:
  - $T_{k+1} = alpha \cdot T_k$
  - alpha = 0.9
- Temperatura Inicial = n x 100
- Iterações por estágio = $n^2$

# Implementação

- Detecta instâncias impossíveis de resolver
  - valores fixos violam as restrições

- Único critério de parada é encontrar uma solução válida

# 3_10



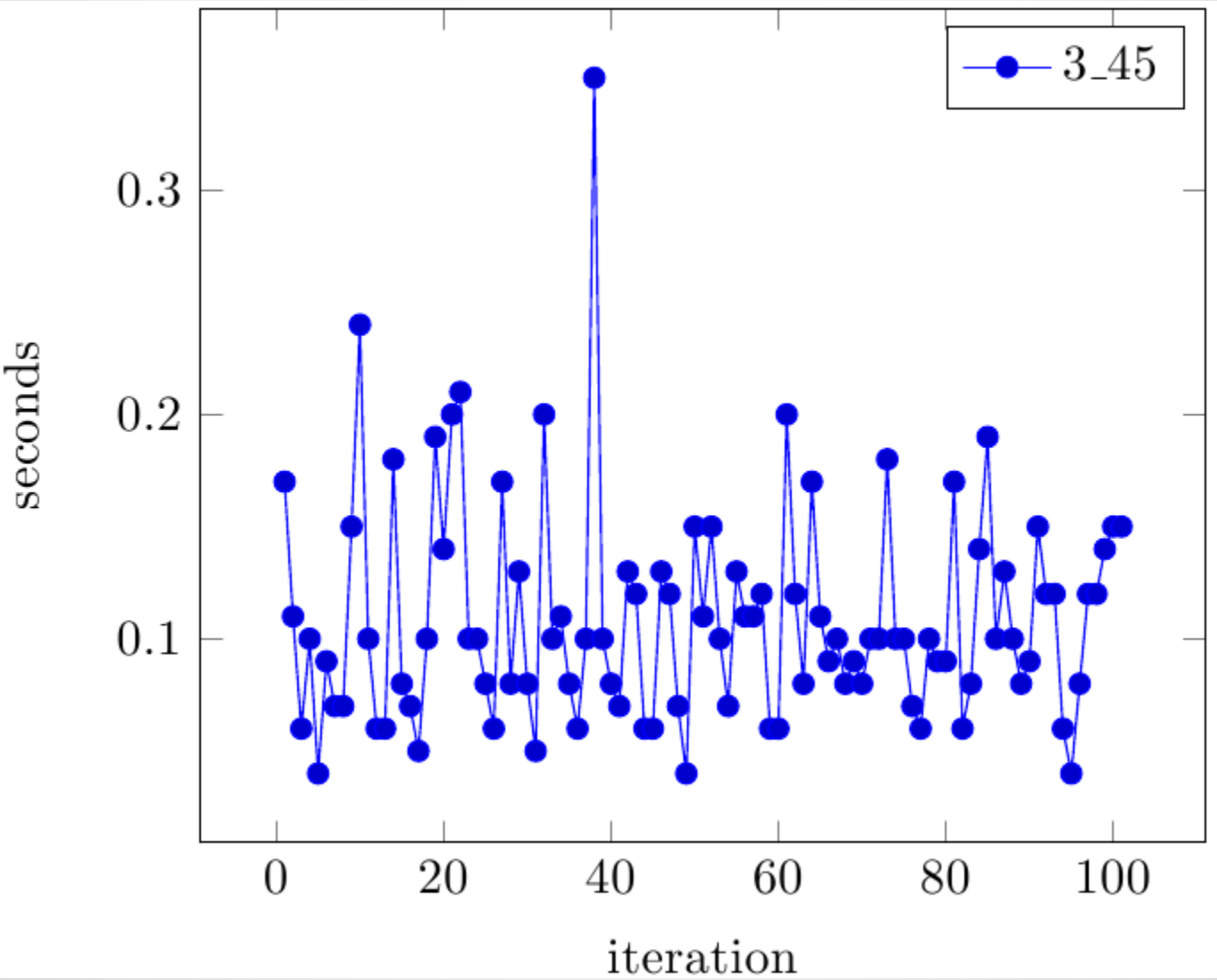
# 3_10

Médias:

- C++: 0,1170s

- GLPK: 0,2670s

# 3_45



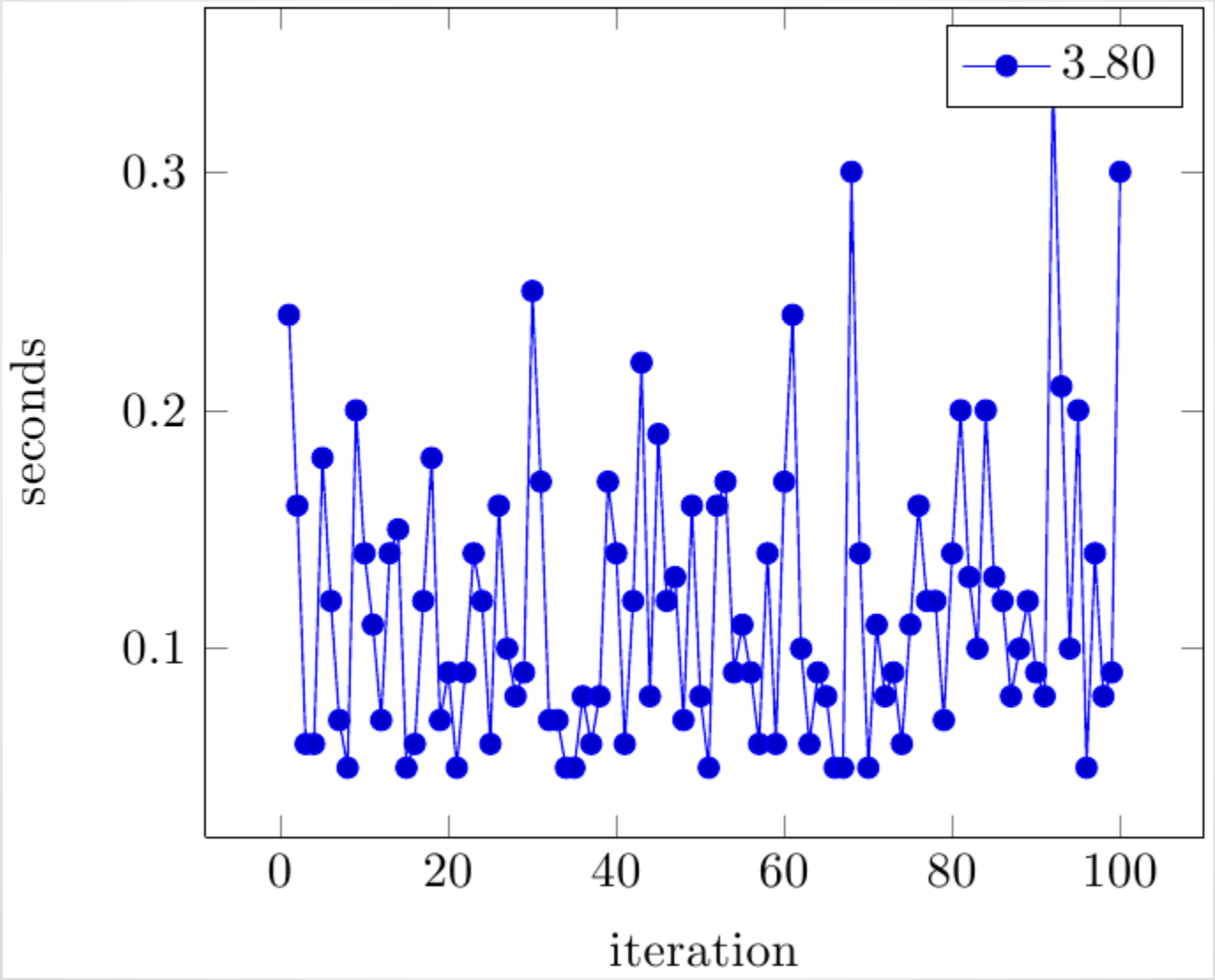
# 3_45

Médias:

- C++: 0,1090s

- GLPK: 0,0000s

# 3_80



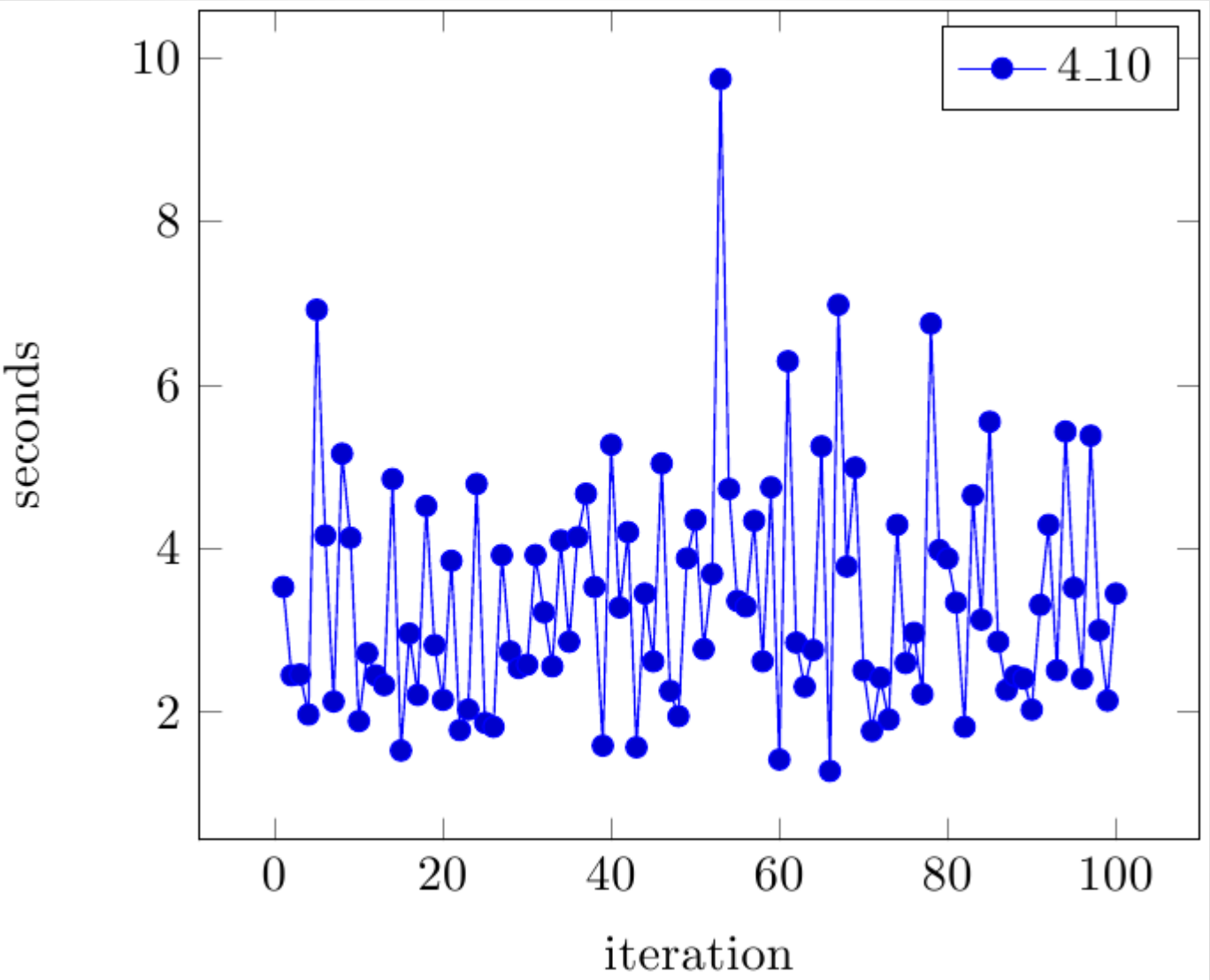
# 3_80

Médias:

- C++: 0,1181s

- GLPK: 0,0000s

# 4_10



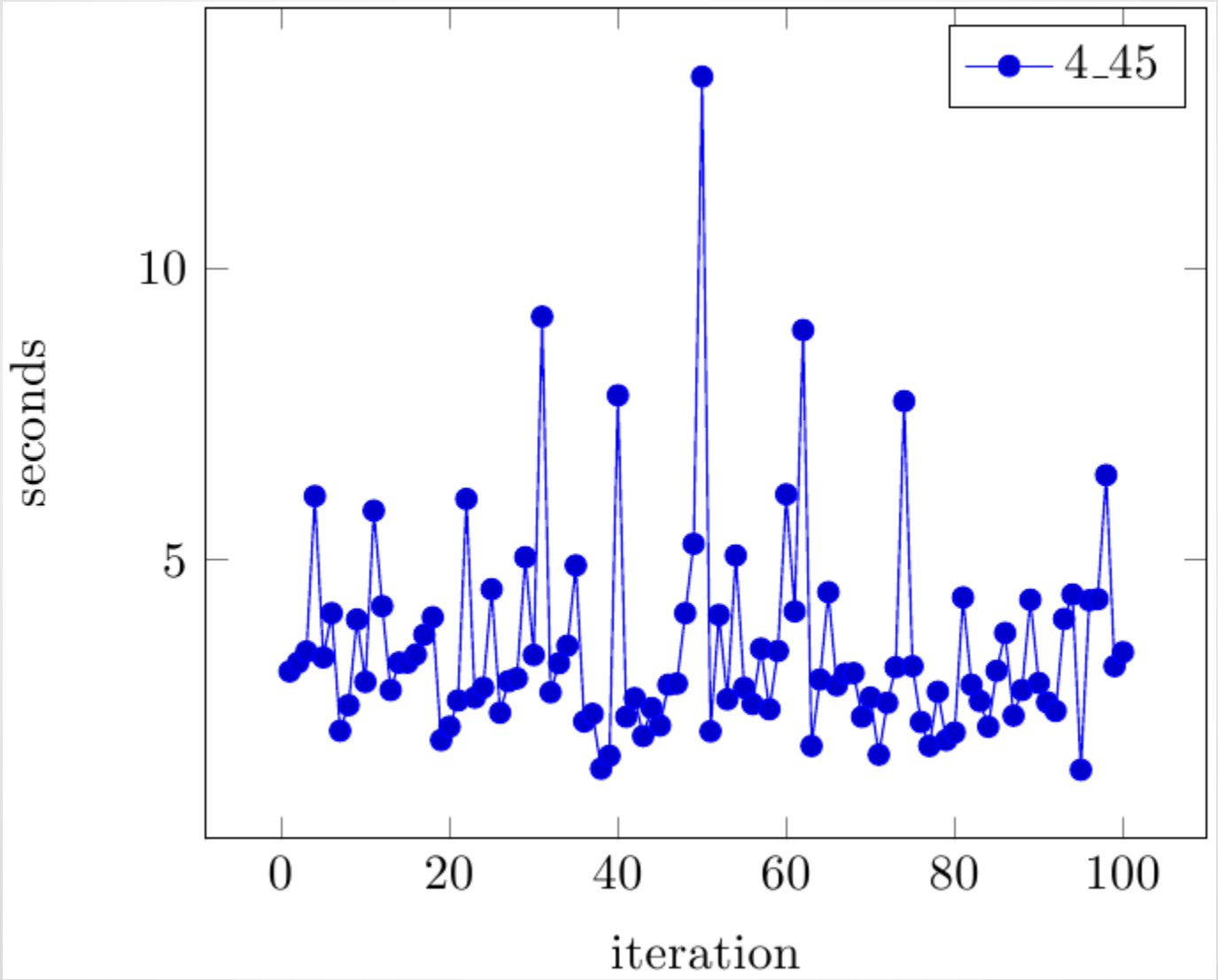
# 4_10

Médias:

- C++: 3,3816s

- GLPK: 23,8667s

# 4_45



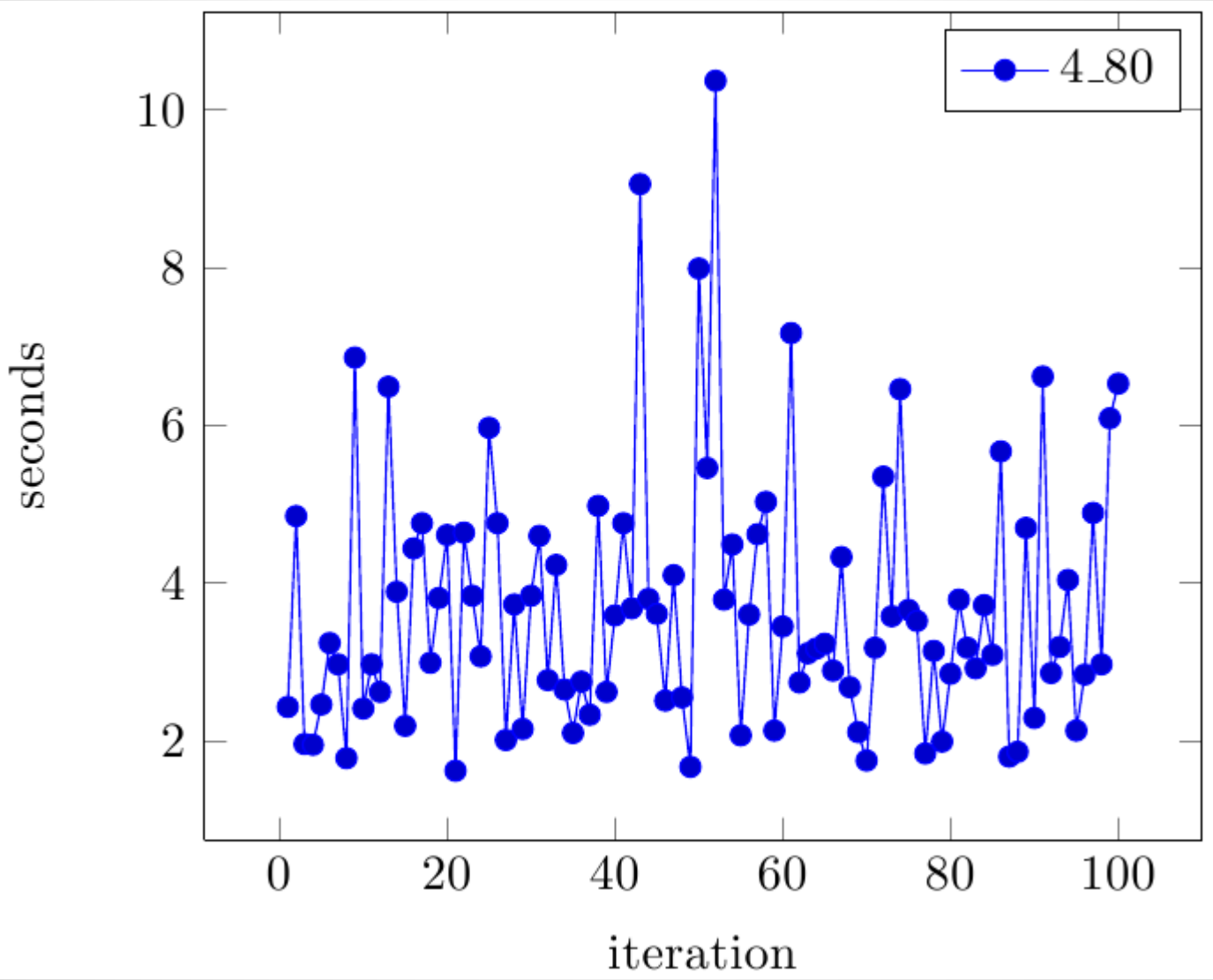
# 4_45

Médias:

- C++: 3,5092s

- GLPK: 1,0000s

# 4_80



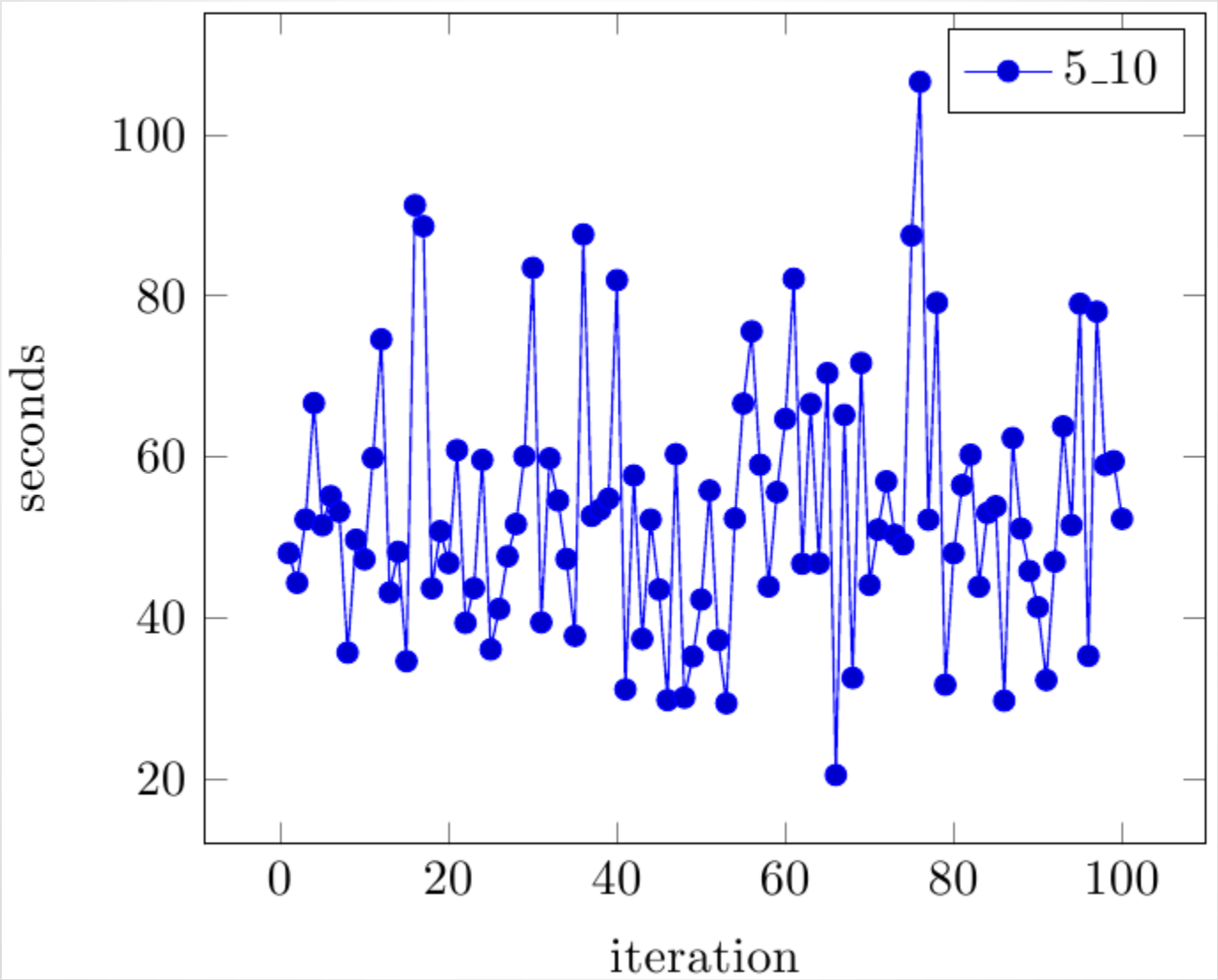
# 4_80

Médias:

- C++: 3,7060s

- GLPK: 0,0000s

# 5_10



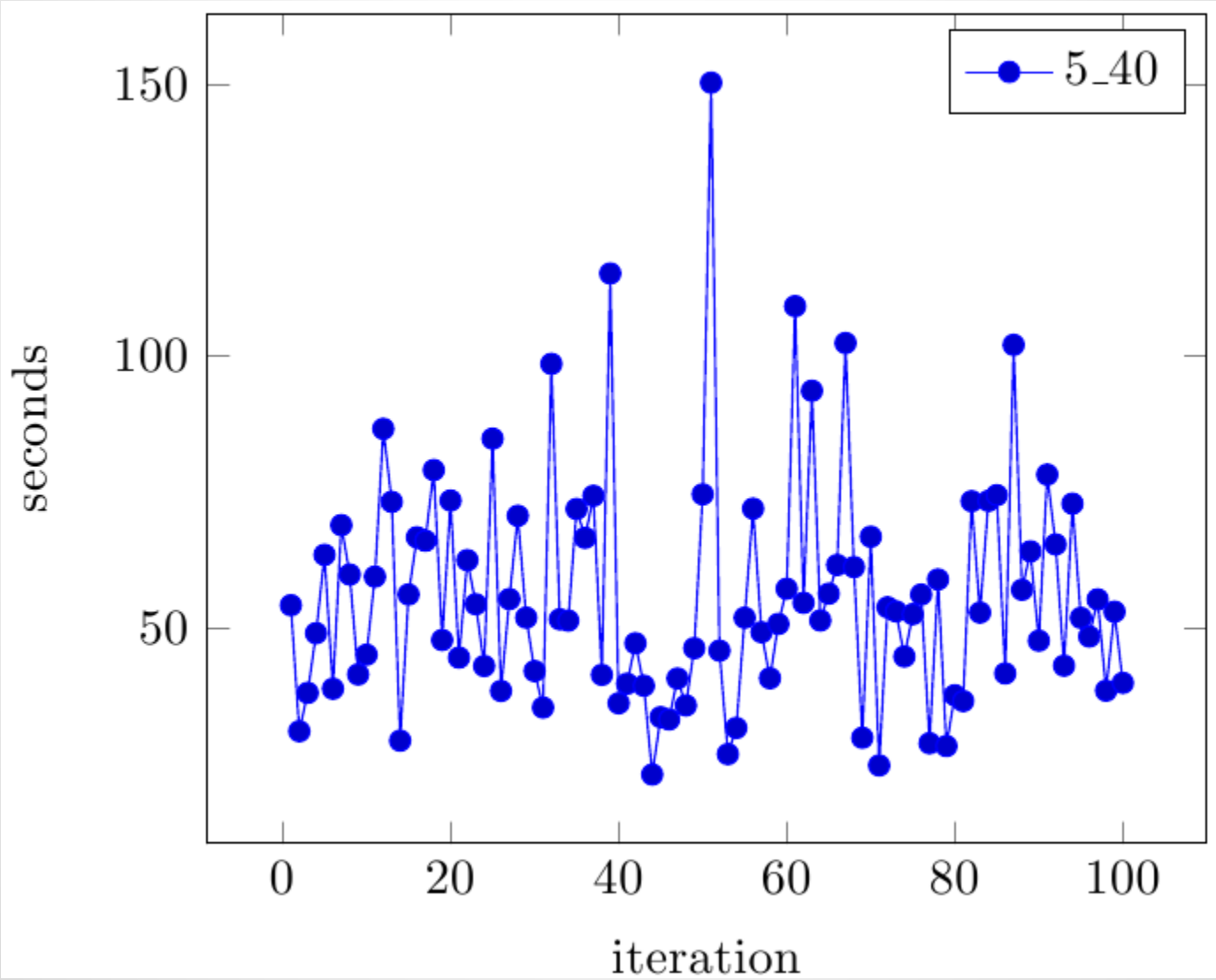
# 5_10

Médias:

- C++: 53,5525s

- GLPK: 773,5000s
  - (~13min)

# 5_40



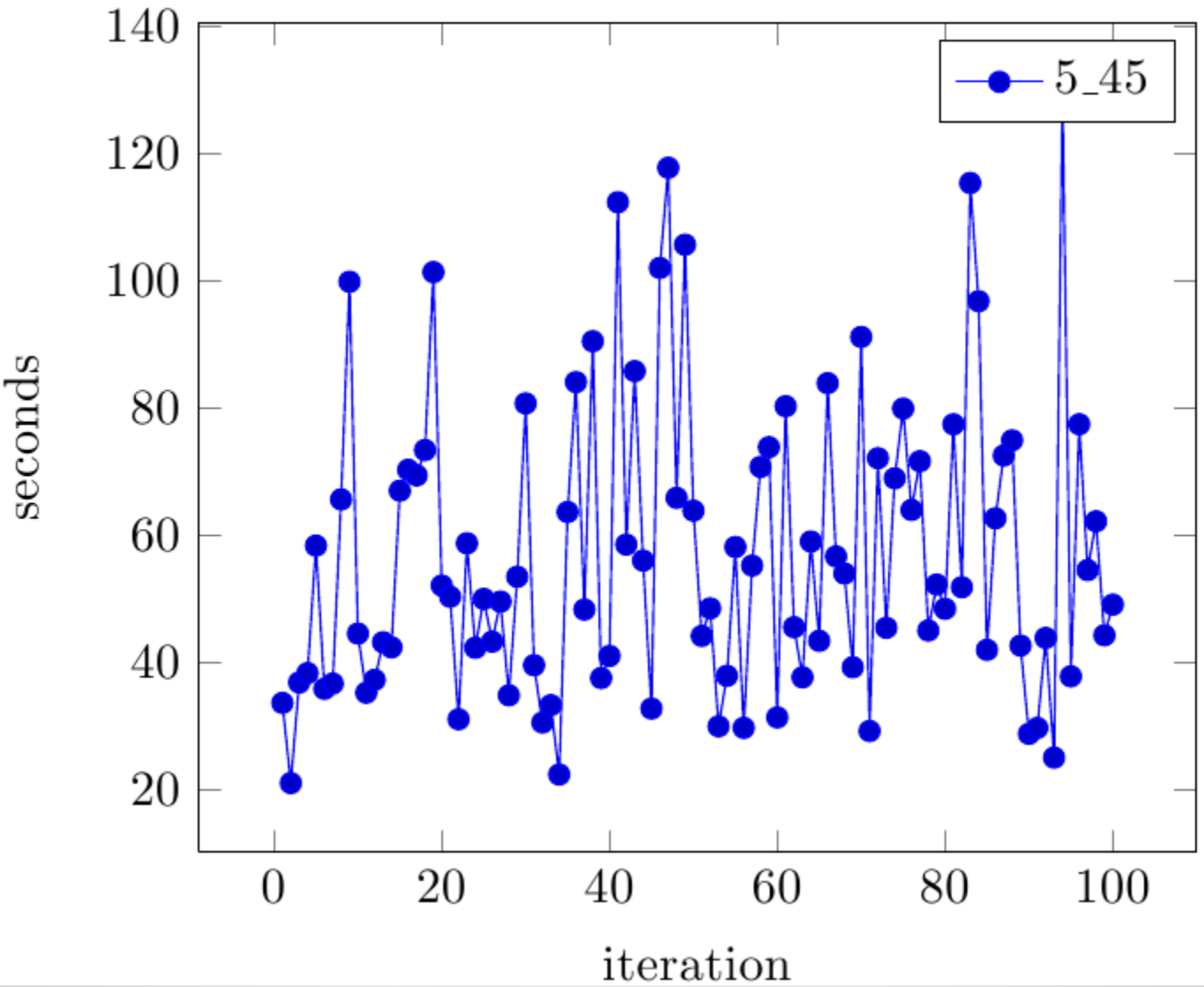
# 5_40

Médias:

- C++: 55,9460s

- GLPK: 17,8667s

# 5_45



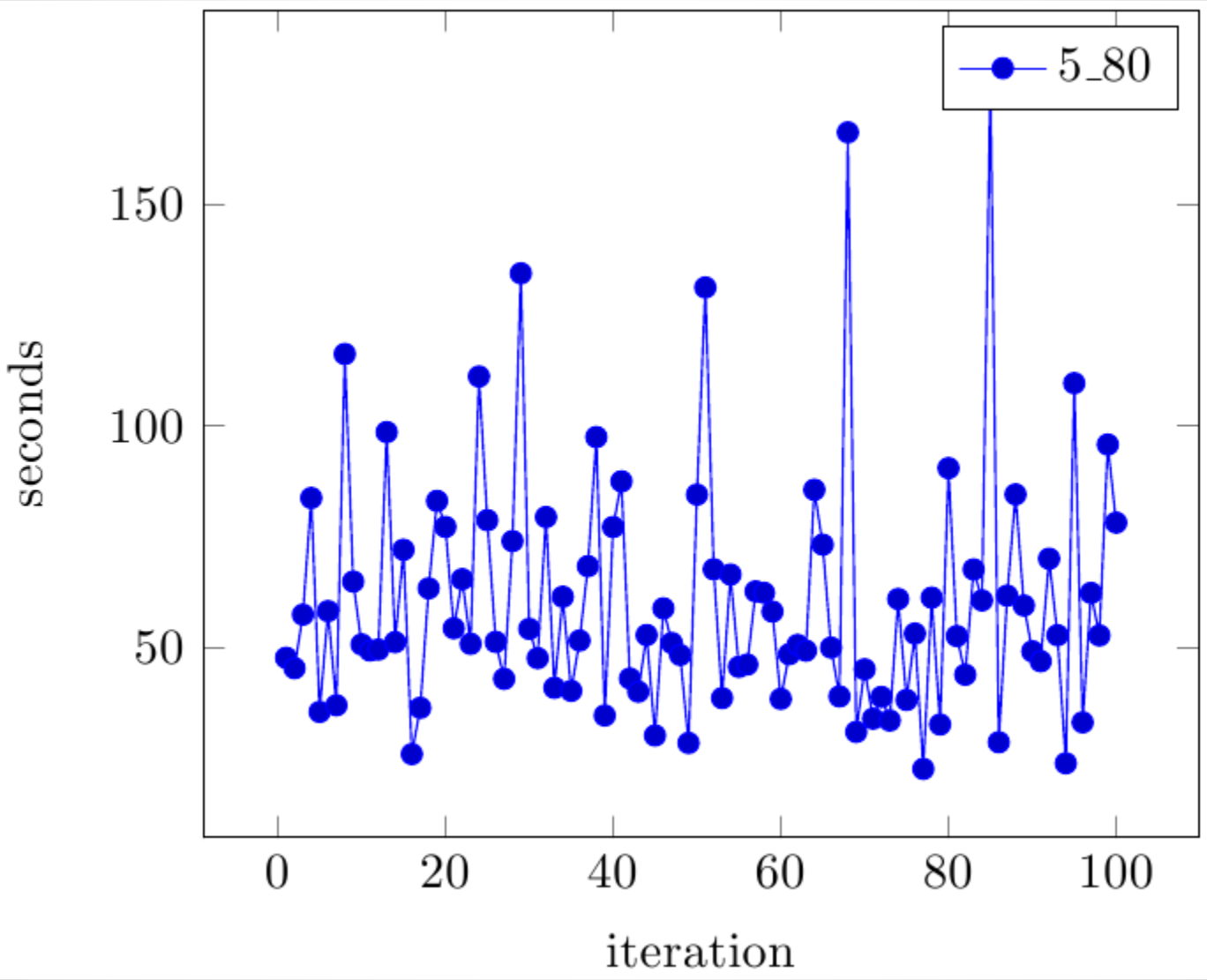
# 5_45

Médias:

- C++: 57,0492s

- GLPK: 2058,8667s
  - (~34min)

# 5_80



# 5_80

Médias:

- C++: 60,8232s

- GLPK: 0,1000s